

**VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ZWISCHEN
SCHÜLLER'SCHER KIEFERGELENKSDIAGNOSTIK
UND ZONOGRAPHIE**

HANS - PETER DONEFF

~~1987~~

Disbui. München

1988



Aus der Abteilung für zahnärztliche Röntgenologie

(Leiter: Prof. Dr. Dr. H. GRASSER)

der Klinik für

Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten

(Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. Dr. D. SCHLEGEL)

der Universität München

Vergleichende Untersuchungen zwischen

SCHÜLLER'scher Kiefergelenksdiagnostik und Zonographie

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Hans-Peter Doneff

aus

München

1987

Mit Genehmigung der Medizinische
Fakultät
der Universität München

Berichterstatter

Prof. Dr. Dr. H. GRASSER...

Mitberichterstatter

Prof. Dr. E. Wilnes
.....

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter

Dr. Dr. H. - H. BARTH.....

Dekan

Prof. Dr. W. SPANN.....

Tag der mündlichen Prüfung

26. Jan. 1988
.....

Spitzenwunderrige

1. Einleitung

2. Literaturübersicht

2.1. Bedeutung und historische Entwicklung des Vektors Bedeutung des Vektors

2.1.1. Vektoren in der Mathematik

2.1.2. Bedeutung des Vektors

2.1.3. Bedeutung des Vektors

2.1.4. Bedeutung des Vektors

2.1.5. Bedeutung des Vektors

2.1.6. Bedeutung des Vektors

2.1.7. Bedeutung des Vektors

2.1.8. Bedeutung des Vektors

2.1.9. Bedeutung des Vektors

2.1.10. Bedeutung des Vektors

2.1.11. Bedeutung des Vektors

2.1.12. Bedeutung des Vektors

2.1.13. Bedeutung des Vektors

2.1.14. Bedeutung des Vektors

2.1.15. Bedeutung des Vektors

2.1.16. Bedeutung des Vektors

2.1.17. Bedeutung des Vektors

2.1.18. Bedeutung des Vektors

2.1.19. Bedeutung des Vektors

2.1.20. Bedeutung des Vektors

2.1.21. Bedeutung des Vektors

2.1.22. Bedeutung des Vektors

Meiner Mutter gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Literaturübersicht	7
2.1. Entwicklung und aktueller Stand der Röntgen- diagnostik des Kiefergelenks	7
3. Material und Methode	12
3.1. Zonographisches Prinzip	12
3.1.1. Entstehung der Schicht	12
3.1.2. Entstehung der Schichtdicke	14
3.1.3. Entstehung der Schichtform	17
3.1.4. Veränderung der Schichtlage (Shift)	18
3.1.5. Abbildungsvergrößerung beziehungsweise -ver- kleinerung	20
3.2. Röntgendiagnostik nach SCHÜLLER	20
3.3. Verwendete Geräte	21
3.3.1. Zonarc	21
3.3.2. Modifizierter Vertigraph zur SCHÜLLER'schen Kiefergelenksdiagnostik	22
3.4. Aufnahmen am Phantom und an Patienten	23
3.4.1. Verwendetes Phantom	23
3.4.2. Zonographische Aufnahmerichtlinien	23
3.4.3. SCHÜLLER'sche Aufnahmerichtlinien	23
3.4.4. Entwicklung und Fixierung	25
4. Ergebnisse	26
4.1. Bedeutung der Kiefergelenksabstände	26
4.2. Röntgenbildvergleich bei Normalschädelmaßen und abweichenden Kiefergelenksabständen	29

4.3. Charakteristika der Zonogramme	33
4.4. Charakteristika der SCHÜLLER'schen Kiefer- gelenksaufnahmen	33
4.5. Vergleich der Strahlenexposition	34
4.6. Bedienungsaufwand beider Verfahren	34
5. Diskussion	35
6. Zusammenfassung	39
Literatur	41

1. Einleitung

In den 20er Jahren dieses Jahrhunderts begann man das Kiefergelenk röntgenologisch zu untersuchen. 1928 stellte PARMA ein Verfahren vor, mit dem es möglich war bei geöffnetem Mund Kiefergelenksaufnahmen anzufertigen. Man arbeitete bei dieser Technik mit einem Zahnfilmgerät ohne Tubus und einer Kassette mit Film. Der Zentralstrahl wurde durch beide Gelenke geführt, wobei nur das kassettennahe scharf abgebildet wurde.

Der Vorteil dieses Verfahrens lag darin, daß es in der zahnärztlichen Praxis durchgeführt werden konnte, der Nachteil in der hohen Hautoberflächendosis von etwa 5 rem.

Einige Jahre später stellte SCHÜLLER eine Verbesserung des Verfahrens vor, das bei geschlossenem Mund durchgeführt wurde, aber nicht mehr mit einem Zahnfilmgerät möglich war. Bei dieser Technik wurde mit einem schräglateralen Strahl gearbeitet, der nur noch durch ein Gelenk führte. Die Strahlendosis ist hierbei deutlich geringer.

In den 70er Jahren setzte sich die Orthopantomographie durch, die nur noch mit sehr geringer Strahlenexposition verbunden ist. Auf Orthopantomogrammen sind beide Gelenke abgebildet. Aufgrund der Zentralstrahlführung ist die Orthopantomographie aber nur bedingt zur Kiefergelenksdiagnostik geeignet.

Die beiden modernsten Verfahren zur röntgenologischen Diagnostik des Kiefergelenks sind die Tomographie - auch in Form der Computertomographie - und die Zonographie.

Die Zonographie der Kiefergelenke ist seit Anfang der 80er Jahre möglich.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es festzustellen, inwieweit

sich die seit Jahrzehnten bewährte SCHÜLLER'sche Aufnahme-
technik und die Kiefergelenkszonographie miteinander verglei-
chen lassen und wo die jeweiligen Vorteile der Verfahren ge-
funden werden können.

2. LiteraturÜbersicht

2.1. Entwicklung und aktueller Stand der Röntgendiagnostik des Kiefergelenks

Die Kiefergelenkserkrankungen und -beschwerden kommen insgesamt gesehen und verglichen mit typischen Erkrankungen des Kiefer-Gesichtsbereichs wie Karies, Paodontopathien und traumatische Schädigungen seltener vor. Sie erfordern jedoch im Gegensatz zu diesen krankhaften Veränderungen in Diagnostik und Therapie einen meist wesentlich höheren Aufwand, der neben den hohen Kosten sehr zeitaufwendig ist. Dem Röntgenbild kommt bei der Diagnosestellung der verschiedenen pathologischen Beeinträchtigungen eine wesentliche Bedeutung zu. Mit Hilfe von Röntgenbildern wird das Kiefergelenk seit zirka 60 Jahren diagnostiziert (4). Im Laufe der Jahrzehnte wurden verschiedene Techniken beschrieben, die sich zum Teil nur unerheblich voneinander unterscheiden. Für die praktische Nutzung konnten sich letztlich nur wenige durchsetzen. Die ältesten Methoden stellen schräglaterale Zentralstrahlrichtungen dar. Sie wurden von Pionieren der Röntgendiagnostik wie KÖHLER, HAENISCH, QUIRING, ALBERS-SCHÖNBERG und CIESZYSKY entwickelt und beschrieben. Später wurden laterale Einstellungen zur Untersuchungen des Kiefergelenks häufiger. Bei diesen seitlichen Projektionen wurde versucht, die störenden Überlagerungen wie aufsteigender Mandibularast sowie Gelenk und Jochbogen der nicht interessierenden Gegenseite auszublenden.

Beim Vergleich klinisch pathologischer Befunderhebungen mit den verschiedenen Röntgenbildern des Kiefergelenks wurde



bereits früh deutlich, daß die Beurteilung pathologischer Zustände in nur einer Strahlenrichtung unzureichend ist, und krankhafte Veränderungen nicht selten übersehen werden oder aber einer falschen Interpretation unterliegen können. In den 20er Jahren zeigten sich die Einstelltechniken nach PORDES und PARMA am relevantesten. Sie fanden sowohl Einführung in Kliniken als auch zahnärztliche Praxen.

Die Technik nach PORDES benutzt den freien Raum oberhalb der Incisura semilunaris des Unterkiefers für den Zentralstrahl. Collum, Capitulum und Os temporale kommen hierbei isoliert zur Darstellung. Zur häufigsten röntgenologischen Kiefergelenks-Diagnostik wurde während dieser Zeit die nach PARMA. Dabei werden die der Röhre benachbarten Knochen und Gewebe derartig vergrößert, daß sie sich auf dem Röntgenbild nicht darstellen. Die kassetten- und filmnahe Seite dagegen wird sehr gut abgebildet. Bei der mit weit geöffnetem Mund durchgeführten Aufnahmetechnik stellen sich neben dem Gelenkspalt, der Pfanne und dem Kopf auch das Collum mandibulae und große Teile des aufsteigenden Astes dar. Obwohl die PARMA'sche Technik zeitsparend und einfach ist, ist sie mit relativ hoher Strahlenexposition für den Patienten verbunden, was sich auch durch Strahlenschutzmaßnahmen nicht vermindern läßt (32, 33). Sie findet deshalb heute kaum noch Anwendung.

So etablierte sich seit den 30er Jahren die SCHÜLLER'sche Technik. Sie ermöglicht eine genaue Beurteilung des Kiefergelenkraumes. Der Zentralstrahl fällt mit einem kaudalen Winkel von 30 ° fast axial auf den Gelenkkopf, wobei er die-

sen fast anatomisch genau zur Darstellung bringt. In der zahnärztlichen Praxis ist diese Technik üblicherweise nicht anzutreffen, da sie nur mit leistungsstarken Großröntgengeräten durchführbar ist. Für den Patienten ist die Strahlenbelastung wesentlich geringer als bei der Aufnahmetechnik nach PARMA. Dies liegt unter anderem daran, daß ein 50 Zentimeter langer Tubus zwischen Röntgenröhre und Patientenkopf positioniert wird. Ersatzweise kann auch ein Dentalröntgengerät mit Kurztubus für diese Technik verwendet werden. Die Aufnahmen werden bei geschlossenem Mund angefertigt. Bei exakter Einstellung gelingt es, den Gelenkkopf annähernd unverzerrt in den Gelenkraum zu projizieren.

Ist neben der SCHÜLLER'schen Kiefergelenksaufnahme die Darstellung einer zweiten, möglichst senkrechten Strahlenrichtung erforderlich, empfiehlt sich die okzipito-frontale, die anterior-posteriore oder die mediale Schädelröntgenaufnahme nach ALTSCHUL-UFFENORDE.

Bei myoarthropathischen Beschwerden haben sich im klinischen Gebrauch die Aufnahmen nach SCHÜLLER durchgesetzt. Dabei werden prinzipiell immer sowohl rechtes als auch linkes Gelenk abgebildet, um Seitenvergleiche vornehmen zu können. Die Darstellung der zweiten Ebene ist nach Traumata auf die Mandibula oder die Kiefergelenke unerlässlich.

Mit der Einführung der Orthopantomographie in Klinik und Praxis stellte sich die Frage, inwieweit diese zur Kiefergelenksdiagnostik herangezogen werden kann. Die Hoffnung, mit diesem Verfahren diagnostisch optimalere Kiefergelenkdarstellung zu erzielen, erfüllte sich nicht. Auch Spezialeinstellungen, wie sie von FREITAG und ZIEGLER erprobt wurden, konnten keine

wesentlich besseren Ergebnisse als die Standardeinstellungen bieten. Als wesentlicher Problempunkt muß angesehen werden, daß Orthopantomogramme üblicherweise im gesperrten Kopfbiß der Frontzähne angefertigt werden. Allein deshalb ist ein Vergleich der Gelenkspalten zwischen rechts und links nicht möglich, da sich die Mandibulaposition während des Umlaufs verändern kann.

Auch RITTER kam 1982 zum Ergebnis, daß gegenüber herkömmlichen Techniken die Strahlenexposition bei der Orthopantomographie zwar geringer ist, eine Felsenbein-Kiefergelenkaufnahme nach SCHÜLLER aber nicht ersetzen kann. Das von ihm entwickelte System bringt aber eine wesentliche Verbesserung der Diagnosemöglichkeiten im Kieferwinkelbereich (1,6,7,16,17, 18,21,22,23,24,28,31,34,35).

Seit Anfang der 80er Jahre kommt in verschiedenen Kliniken die Zonographie zur Anwendung (13,19,29,36).

Dabei handelt es sich um ein computergesteuertes Röntgenverfahren im Kopfbereich, bei dem verschiedene Gewebsebenen selektiv abgebildet werden können. Eine der Abbildungsvarianten sind die Ebenen des rechten und linken Kiefergelenkes. Gleichzeitig kommen Mastoid und aufsteigender Mandibula-Ast zur Darstellung. Ähnlich dem Orthopantomogramm bilden sich beide Kiefergelenke auf einem Röntgenfilm ab; die Strahlenbelastung für den Patienten ist dabei sehr gering.

Weitere moderne Verfahren zur Kiefergelenksdiagnostik sind Computer- und Kernspintomographie. Bei der letztgenannten Technik handelt es sich allerdings nicht um ein Röntgenverfahren, sondern um eine Diagnosemethode, die sich computer-

verarbeiteter Elektromagnetfelder bedient. Beide Verfahren sind hinsichtlich des Kiefergelenks noch im Forschungsstadium. Die entstehenden Bilder gleichen Röntgenaufnahmen nur wenig. Ein spezielles Einlesen ist deshalb nötig. HULS konnte Anfang der 80er Jahre zeigen, daß die Computertomographie des Kiefergelenks eine diagnostische Bereicherung darstellt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß die röntgenologische Kiefergelenksdiagnostik hauptsächlich Spezialkliniken vorbehalten bleibt. Die seit Jahren praktizierten Techniken kommen nach wie vor zur Anwendung. Neue Techniken, die einerseits eine geringere Strahlenexposition mit sich bringen, andererseits aber auch anders zu beurteilende Bilder liefern, sind dabei, Einzug in die klinische Röntgendiagnostik des Kiefergelenks zu halten.

Ein technisch einfaches Verfahren, das bei geringster Strahlenbelastung nahezu allen Fragestellungen gerecht wird, existiert nicht; die Entwicklung eines solchen Verfahrens ist eher unwahrscheinlich.

3. Material und Methode

3.1. Zonographisches Prinzip

Mittels der Zonographie ist es möglich, verschiedene Gewebeschichten des Schädels röntgenologisch abzubilden. Dies hat gegenüber herkömmlichen Verfahren den Vorteil, spezielle anatomische Strukturen selektiv zu betrachten und die sonst störenden Additionseffekte auf ein Minimum zu reduzieren.

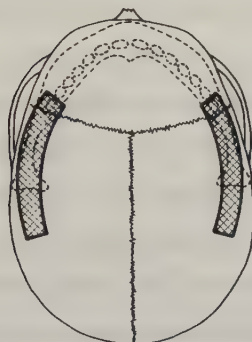
Das Verfahren ähnelt der Tomographie, bei der ebenfalls bestimmte anatomische Schichten gesondert aufgenommen werden können. Die Schichtform, die bei Kiefergelenksaufnahmen Anwendung findet, entspricht einem Kugelsegment, das sich in definiertem Abstand zwischen Röhre und Film befindet.

Wichtige Voraussetzung für das Gelingen der Aufnahme ist, den Patienten so zu lagern, daß dessen Kiefergelenke genau in der Schicht des Gerätes liegen (Abb.1).

3.1.1. Entstehung der Schicht

Die Röntgenröhre fährt eine kreisförmige Bewegung um eine Achse ab, die in etwa in der Symmetrieebene des Schädels liegt. Diese Bewegung erfolgt im Uhrzeigersinn, während sich gleichzeitig die Filmkassette gegen den Uhrzeigersinn bewegt. Abbildung 2 stellt dar, wie sich die Röhre von A nach B und die Filmkassette von A' nach B' bewegt. Die von Position A bis Position B ausgesandten Strahlen der kreisförmig verlaufenden Röhre haben ihren Drehpunkt in der gewünschten Schicht des Kiefergelenks und werden in der von A' bis B' sich bewegenden Filmkassette aufgefangen. Dies hat zur Folge, daß sich die in der Nähe der Drehpunkte befindlichen anatomischen

Zonographische Abbildungsregion
(Schicht)



Kiefer - Gelenke
laterale Projektion

Abb. 1

Kiefergelenksschicht der Zonographie

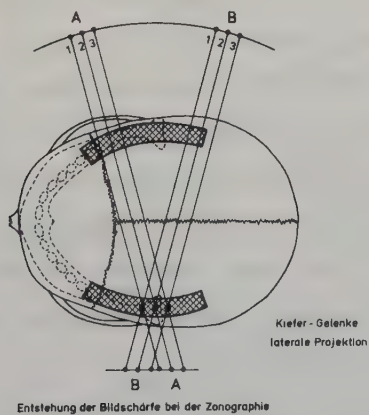


Abb. 2

Zonographische Bildschärfeentstehung

Strukturen am längsten beziehungsweise als einzige anatomische Strukturen belichten lassen und somit am stärksten abgebildet werden. Alles was sich zwischen der Röhre und den Drehpunkten befindet, wird aufgrund der kurzen Belichtungszeit nicht abgebildet; es stellt sich als Additionseffekt nur in sehr geringem Maße dar. Hinzu kommt der Vergrößerungs- und somit Ungenauigkeitseffekt, der die Bildqualität zusätzlich positiv beeinflusst. Die zwischen den Drehpunkten und dem Film befindlichen Weichteilstrukturen beeinflussen die Bildqualität kaum. Die Bewegung der Filmkassette von A' nach B' ermöglicht, daß jeder Drehpunkt auf einem bestimmten Areal des Films abgebildet wird. Diese Punkte summieren sich zu einem Panorama.

Genau genommen ist Abbildung 2 eine didaktisch zwar verständliche, dennoch aber stark vereinfachte Darstellung der Realität. In Wirklichkeit sind die beschriebenen Schnittpunkte keine Punkte sondern Schnittgeraden, deren Aneinanderreihung zur Fläche wird. Dabei ist jede Schnittgerade, von der es unendlich viele gibt auch unendlich dünn. Die Röntgenstrahlen sind nur theoretisch als Strich zu verstehen, praktisch sind sie von dachgiebelartiger Form mit sehr spitzem Winkel. Daraus läßt sich ableiten, daß die zuvor erwähnte Fläche dreidimensionale Gestalt annimmt, die die Kiefergelenksschicht darstellt.

3.1.2. Entstehung der Schichtdicke

Wie bereits erwähnt, steht die dachgiebelartige Struktur der Röntgenstrahlen in enger Beziehung zur Schichtdicke beziehungs-

weise der transversalen Ausdehnung der zu untersuchenden anatomischen Strukturen. Es spielt hier der spitze Winkel des Dachgiebels, womit die Dicke oder Dünne des Strahles gemeint ist, eine entscheidende Rolle. Der Verdeutlichung dieses Prinzips dient Abbildung 3. Sie zeigt die Öffnungsbewegung einer Schere. Spannt man ein Gummiband zwischen die Branchenspitzen und öffnet die Schere, verdünnt sich bei gleichzeitiger Scherenöffnung und zunehmendem Branchenwinkel das Gummiband. Gleiches geschieht bei Blendenvergrößerung während der Zonographie.

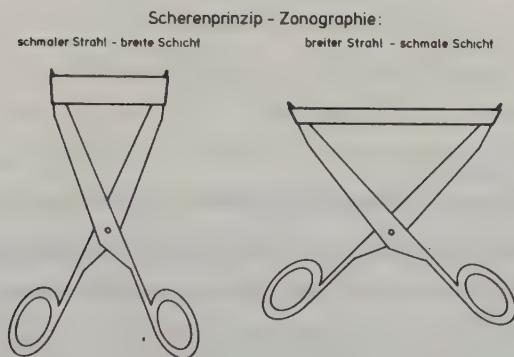


Abb. 3

Scherenprinzip der Zonographie

Abbildung 4 überträgt dieses Prinzip auf die Röntgenologie.

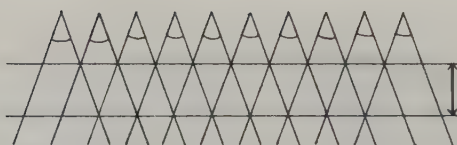
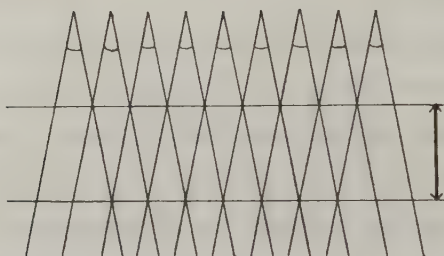


Abb. 4

Zusammenhang zwischen Austrittswinkel der Röntgenstrahlen und entstehender Grenschichtdicke bei der Zonographie
(kleiner Winkel: dicke Schicht; großer Winkel: dünne Schicht)

Die beiden Schnittpunktreihen in Abbildung 4 stellen lediglich die Grenzen der Schnittpunktflächen und somit der Schicht dar. Zwischen diesen Reihen befinden sich Schnittpunkte, die sich zu einer Schnittpunktfläche vereinen beziehungsweise dreidimensional gesehen zu einer Schnittpunktebene. Durch Blendenwahl ist die Schichtbreite zu variieren. Beim verwendeten Gerät Zonarc der finnischen Firma Palomex stehen zwei

Schichtdicken zur Auswahl: Die dicke Schicht hat eine Stärke von 26 mm, die dünne Schicht 13 mm. Bei Kiefergelenksaufnahmen wird die dünne Schicht empfohlen, weil die zu untersuchende Struktur üblicherweise nicht breiter als 13 mm ist und bei ihr mit besserer Filmqualität gerechnet werden kann. Die dünne Schicht erlaubt jedoch keine Fehler in der exakten Lagerung des Patienten und somit der Positionierung seiner Gelenke.

3.1.3. Entstehung der Schichtform

Grundsätzlich kann gesagt werden, daß die durch Rotation der Röhre entstehende Schicht einem Kreissegment entspricht.

Doch läßt sich neben der Schichtdicke auch die Schichtform variieren. Dies ist möglich, indem bei fixierter Lagerung des Patienten eine Vertikalbewegung des Zonographen herbeigeführt wird. Aus zwei sich addierenden Bewegungen resultiert dann eine dritte. Das hat zur Folge, daß nicht zwingend ein bestimmtes Kugelsegment abgebildet wird, sondern unterschiedliche geometrische Formen, die die gewünschten anatomischen Strukturen wiedergeben, abgefahren werden. Abbildung 5 zeigt wie durch die Vertikalbewegung des Gerätes Veränderungen möglich sind. Es ist so möglich, jede gewünschte anatomische Schicht abzubilden. Für Kiefergelenksaufnahmen hat das zur Folge, daß das ursprüngliche Kugelsegment gestaucht beziehungsweise gestreckt werden kann, sodaß es zwar an sich ein Kugelsegment bleibt, jedoch eine Summe verschiedener Kugelsegmente mit unterschiedlichen Radien möglich ist. Andere geometrische Formen sind aufgrund einer fehlenden horizontalen Gerätebewegung unmöglich. Für Kiefergelenksaufnahmen

ist eine definierte Schichtform in den Mikroprozessoren des Gerätes gespeichert.

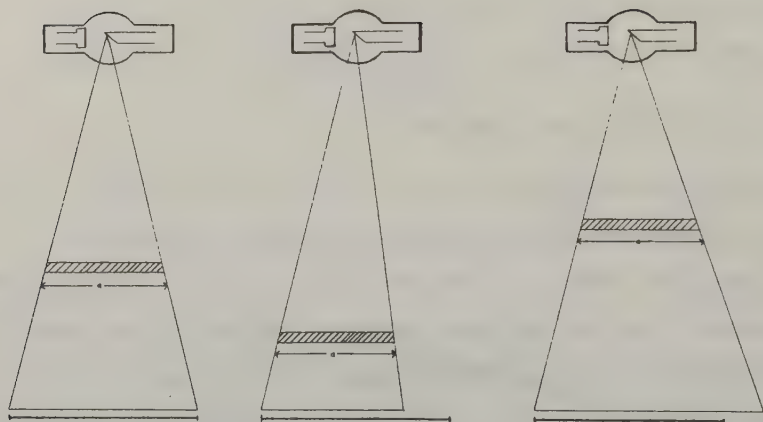


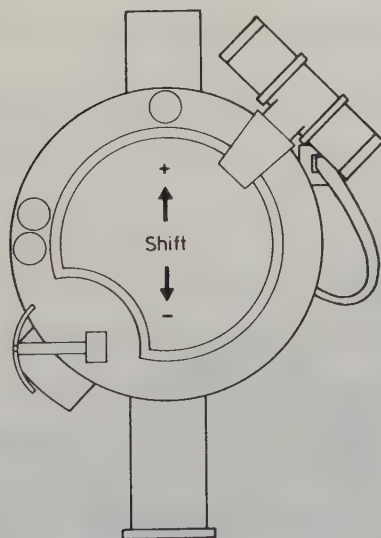
Abb. 5

Veränderungsmöglichkeiten der Schichtform

3.1.4. Veränderung der Schichtlage (Shift)

Bei Kiefergelenksaufnahmen besteht die zusätzliche Möglichkeit, die Schichtlage in vertikaler Richtung zu variieren. Diese Verschiebung, die von der Norm abweicht, kann sowohl nach unten als auch nach oben erfolgen, muß aber vor Bewegungsbeginn des Gerätes eingestellt werden. Von praktischem Nutzen ist diese Möglichkeit bei stark von der Norm abweichenden Patientenschädeln. Eine korrekte individuelle Ein

stellung des Kiefergelenks in die Schicht ist aber nur annähernd möglich. Verzichtet man bei unter- oder Obergröße von Kiefergelenksabständen auf diese Korrekturmöglichkeit, kommen die Gelenke auf der Aufnahme nur am Rand oder außerhalb der Schicht zur Darstellung. (Abb. 6).



Schichtwahl - Prinzip (Shift)

Abb. 6

Schichtvariation durch Hubveränderung (Shift)

3.1.5. Abbildungsvergrößerung beziehungsweise -verkleinerung

Bei fast allen Röntgentechniken kommt es zur Abbildungsvergrößerung, so auch üblicherweise bei der Zonographie. Ein Verkleinerungseffekt ist allerdings ebenfalls möglich. Ursache dafür sind die rotierenden Elemente wie Röhre und Filmkassette. Bei Kiefergelenksaufnahmen hat der Verkleinerungseffekt keine Bedeutung, der Vergrößerungseffekt liegt bei Normeinstellung bei 1,27 : 1.

3.2. Röntgendiagnostik nach SCHÜLLER

Zur Aufnahmeanfertigung wird ein 50 cm langer Spezialtubus benötigt. Der Patientenkopf befindet sich zwischen diesem der Röhre vorgeschalteten Tubus und der Filmkassette, die sich in einem dafür vorgesehenen Halter befindet. Das zu untersuchende Gelenk liegt der Filmkassette an und befindet sich in deren Mittelpunkt. Wie auch bei der Zonographie bleibt der Mund geschlossen. Der schräglaterale Zentralstrahl, der nur durch das zu diagnostizierende Gelenk verläuft, kommt von dorso-kranial und geht nach ventro-kaudal. Er hat einen Winkel von 30 ° zur Frankfurter Horizontalen. In der Horizontalen verläuft sein Mittelpunkt in etwa durch die Querachse des zu untersuchenden Gelenkköpfchens. Bei lege artis durchgeführten Aufnahmen kommt es kaum zur verzerrten Darstellung des Gelenks. Anatomische Strukturen wie seitliches oberes Schädeldach und Gehirn führen zwar zu Additionseffekten, beeinträchtigen aber aufgrund ihrer homogenen Struktur die Diagnosemöglichkeiten kaum.

3.3. Verwendete Geräte

3.3.1. Zonarc

Die Aufnahmen der Kiefergelenke, die mit diesem bogenförmigen Schichtgerät angefertigt wurden, basierten auf den Empfehlungen der Bedienungsanleitung, aus der die Gerätedaten und Einstellwerte hervorgingen. Das Gerät selbst wird von der finnischen Firma Palomex hergestellt; die Röntgenstrahlung erzeugt eine leistungsstarke Drehanodenröntgenröhre der Firma Siemens. Das Gerät kann nur über einen Starkstromgenerator - im vorliegenden Fall dem Tridorus 712 MP der Firma Siemens - betrieben werden.

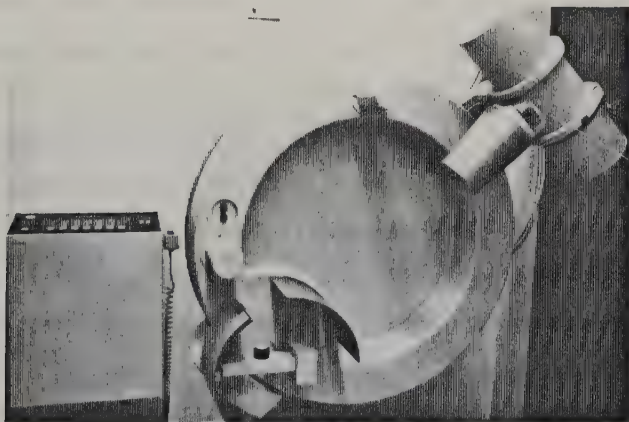


Abb. 7

Bogenförmiger Schädeltomograph Zonarc

Zum Zonarc gehört ein spezieller Patientenlagerungstisch, mit dem der Kopf in die Rotationseinheit geschoben wird. Bei Normeinstellung hat das System beim JLA - Kiefergelenksprogramm folgende Daten:

- Focus-Film-Abstand	700 mm
- Focus-Primärblendenöffnung	240 mm
- Focus-Rotationsachse	510 mm
- Fußboden-Rotationsachse	810 - 1060 mm
- Winkel der Rotationsbewegung	270 ° maximal
- Kiefergelenksvergrößerung	1,27 : 1
- dicke Schicht	26 mm
- dünne Schicht	13 mm
- Abstand Achse - Bildschicht	43 mm
- Aufnahmezeit	2 mal jeweils 4,5 sec
- Aufnahmefeld	2 mal jeweils 7,5 mm

3.3.2. Modifizierter Vertigraph zur SCHÜLLER'schen Kiefergelenkstechnik

Die SCHÜLLER'schen Kiefergelenksaufnahmen werden ebenfalls mit einer Drehanodenröntgenröhre der Firma Siemens angefertigt.

Der Technik liegen folgende Basisdaten zugrunde:

- Focus-Film-Abstand	etwa 700 mm
- Tubuslänge	500 mm
- Zentralstrahlwinkel	30° kaudal
- Belichtung mit Feinfokus	
- Darstellung des kassettennahen Gelenks	
- Aufnahme ohne Raster	
- Kassettenformat	130 x 180 mm hochkant

3.4. Aufnahmen am Phantom und an Patienten

3.4.1. Verwendetes Phantom

Als Phantom wurde ein mazerierter menschlicher Erwachsenen-schädel, der in Plexiglas mit Wirbelsäulennachbildung eingegossen war, verwendet.

3.4.2. Zonographische Aufnahmerichtlinien

Sowohl am Phantom als auch bei den Patienten wurde durch Bewegung des Spezialschwungtisches die Mittellinie eingestellt. Sie entspricht der Symmetrieebene des Schädels. Danach wurde durch Kopfneigung die Vertikallinie so eingestellt, daß sie durch den äußeren Gehörgang und den Oberrand der Orbita verlief. Mit Hilfe der Vertikaldurcktaste an der Rotationseinheit wurde die Horizontallinie so fixiert, daß sie ebenfalls durch den Porus acusticus externus verlief und in diesem die Vertikallinie schnitt. Die Lichtlinien verdeutlichten die Aufnahmefelder.

3.4.3. SCHÜLLER'sche Aufnahmerichtlinien

Der Patient wird so gesetzt, daß der äußere Gehörgang der zu untersuchenden Seite etwa in der Mitte der Filmkassette liegt. Der Tubus wird danach so ausgerichtet, daß sein Zentralstrahl schräglateral von hinten oben nach vorn unten durch das Kiefergelenk und die Mitte der Filmkassette verläuft.



Abb. 8

Phantom während der Kiefergelenkszonographie



Abb. 9

Patient während einer zonographischen Kiefergelenksaufnahme

3.4.4. Entwicklung und Fixierung

Um vergleichbare Bedingungen zu erhalten, wurden alle Röntgenbilder unter gleichen Bedingungen bei gleichen Entwickler- und Fixierlösungen automatisch bearbeitet.

4. Ergebnisse

4.1. Bedeutung der Kiefergelenksabstände

Die vergleichende Röntgendiagnostik am Phantom machte keine Schwierigkeiten. Wie erwartet glichen die Kiefergelenksdarstellungen bei der SCHÜLLER'schen Technik denen der Zonographie.

Beim Patientenvergleich wurde hingegen festgestellt, daß in etwa einem Viertel bis einem Fünftel der Fälle die Zonogramme entweder ein- oder beidseitig wesentlich schlechtere Diagnoseergebnisse brachten als die SCHÜLLER'schen Aufnahmen.

Dies fiel besonders bei offensichtlich von der Norm abweichenden Kopfmaßen auf.

Nach einer Messung an 250 Erwachsenen und Jugendlichen konnte festgestellt werden, daß deren Kiefergelenksabstände insgesamt zu etwa 85 % in der für Kiefergelenksschichtaufnahmen erforderlichen Norm waren. Die Messung der externen Kiefergelenksabstände erfolgte mit einem Spezialzirkel (Abb.10).

Um eine optimale zonographische Darstellung beider Kiefergelenke zu erzielen, bedurfte es bei den 15 % mit abweichenden Kopfmaßen zweier Aufnahmen nach Seitwärtsverschiebung (V). Bei zu kleinem Kiefergelenksabstand kommt es bei Rechtsverschiebung des Kopfes zur guten Kiefergelenksdarstellung rechts, bei zu großem Abstand und Rechtsverschiebung zur deutlichen Abbildung des linken Kiefergelenkes. Da die ermittelten Durchschnittswerte der lateralen Kiefergelenksabstände (KGA) 12,5 cm betragen, kann nach der Formel

$$v = \frac{KGA - 12,5}{2} \quad (\text{cm})$$

die jeweils erforderliche Seitwärtsverschiebung errechnet und durchgeführt werden.



Abb. 10

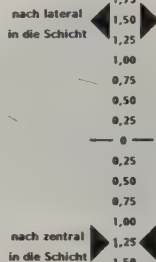
Ermittlung der lateralen externen Kiefergelenksabstände

Eine Verschiebung ist nur bei Werten unter 11,5 und über 13,5 cm möglich, da erst dann das Heraustreten der Gelenke aus den zonographischen Schichten rechts und links durch Qualitätseinbußen bei deren Darstellung bemerkbar wird. Beim Vergleich der SCHÜLLER'schen Kiefergelenksaufnahmen mit den entsprechenden Zonogrammen konnte festgestellt werden, daß

Empfehlungen zur Seitwärtsverschiebung (V)
bei verschiedenen Kiefergelenkabständen (KGA)

$$V = \frac{KGA - 12,5}{2} \text{ (cm)}$$

KGA (cm)	V (cm)
7,0	2,75
7,5	2,50
8,0	2,25
8,5	2,00
9,0	1,75
9,5	1,50
10,0	1,25
10,5	1,00
11,0	0,75
11,5	0,50
12,0	0,25
12,5	0
13,0	0,25
13,5	0,50
14,0	0,75
14,5	1,00
15,0	1,25
15,5	1,50
16,0	1,75
16,5	2,00
17,0	2,25



Tab. 1

Daten zur Seitwärtsverschiebung bei abweichenden Kiefergelenkabständen

es auf den Zonogrammen zu aufnahmebedingten Überlagerungen von Knochenstrukturen auf das Kieferköpfchen kommen kann. Durch Veränderung des Kopfnäigungswinkels sind solche störenden Bildeffekte aber abzuschwächen beziehungsweise zu korrigieren.

Bei Beachtung aller Einstellparameter und Nutzung der Möglichkeit der Seitwärtsverschiebung des Kopfes bei der Zonographie bieten die beiden verglichenen Verfahren annähernd gleich gute röntgenologische Kiefergelenkübersichten.

4.2. Röntgenbildvergleich bei Normschädelmaßen und abweichenden Kiefergelenksabständen

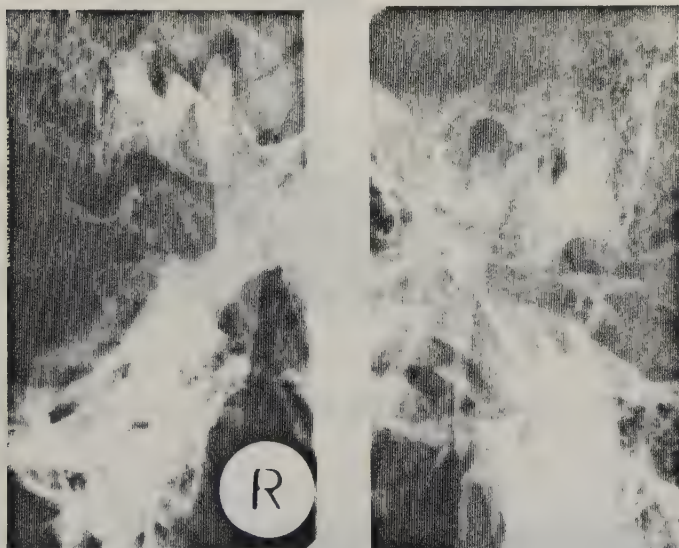


Abb. 11

SCHÜLLER'sche Kiefergelenksdarstellungen am Patienten

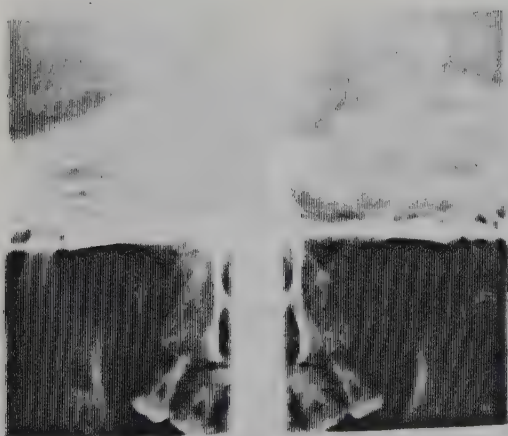


Abb. 12

Abb. 13 zeigt die Schüller'sche Kiefergelenksdarstellungen des gleichen Patienten

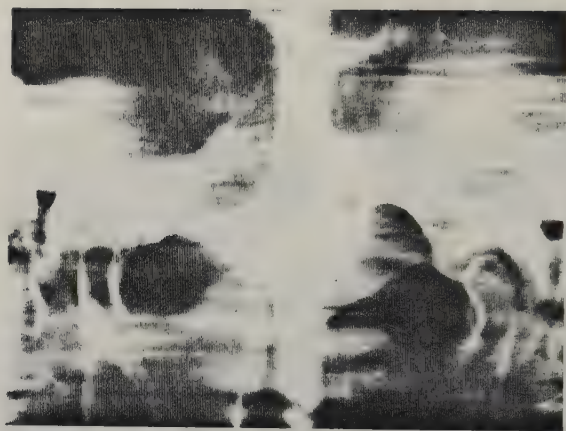


Abb. 13

Kiefergelenkszonogramm eines Patienten mit Kiefergelenks-
abstand von 12,5 cm



Abb. 14

Zonogramm eines Patienten mit einem Kiefergelenksabstand
von 10 cm ohne Seitenverschiebung

**Zonographische Kiefergelenkaufnahmen
bei kleinem Kiefergelenkabstand (KGA)**

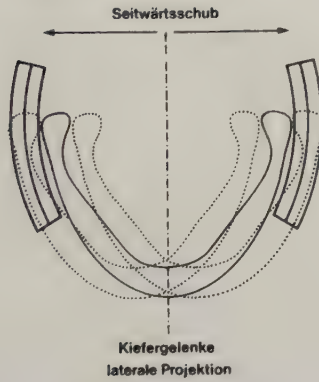


Abb. 15

Prinzip des Seitwärtsschubs bei zu kleinem Kiefergelenkabstand

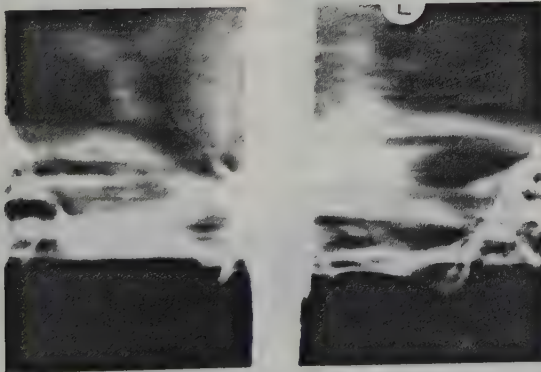


Abb. 16

Zonogramm nach Seitwärtsschub (das rechte Kiefergelenk bildet sich gut ab, während das linke Verwischungen zeigt)

Zonographische Kiefergelenkaufnahmen
bei großem Kiefergelenkabstand (KGA)

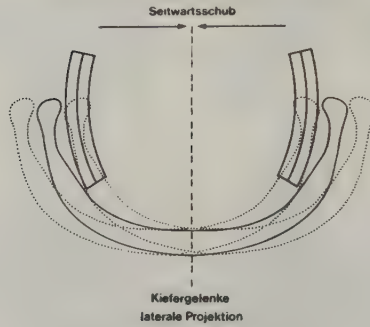


Abb. 17

Prinzip des Seitwärtsschubs bei zu großem Kiefergelenkabstand

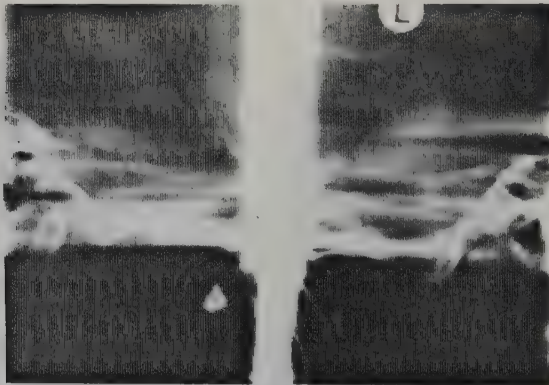


Abb. 18

Zonogramm nach Seitwärtsschub zur Gegenseite (das rechte Kiefergelenk bildet sich gut ab, während das linke Verwischungen zeigt)

4.3. Charakteristika der Zonogramme

Auf jeder Aufnahme werden beide Gelenke abgebildet. Folgende anatomische Strukturen lassen sich bei Normeinstellung darstellen:

- Arcus zygomaticus
- Tuberculum articulare
- Fossa articulare
- Gelenkspalt
- Processus condylaris
- Processus muscularis
- Teile des aufsteigenden Unterkieferastes
- Os petrosa
- Incisura mandibulae

Diese Strukturen werden üblicherweise scharf abgebildet. Lediglich der Gelenkspalt macht eine Ausnahme. Strukturen der Schädelbasis führen zur Überlagerung.

4.4. Charakteristika der SCHÜLLER'schen Kiefergelenksaufnahmen

Es werden die bereits oben genannten Strukturen abgebildet. Zusätzlich sind Anteile der Schädelbasis zu sehen. Deren Überlagerungen kommen sehr deutlich zum Tragen und es ist zum Teil sehr schwierig, die einzelnen Strukturen voneinander zu trennen. Die Ausnahme bildet der Gelenkspalt, der durch den schräglateralen Strahlengang in idealer Weise frei projiziert wird. Er stellt sich fast immer unverschattet dar.

4.5. Vergleich der Strahlenexposition

Im Institut für Strahlenschutz in Finnland wurden auf Antrag der Firma Palomex an einem Phantom mit TLD Dosimetern Dosismessungen beim JLA Programm der Zonographie gemacht. Dabei wurde eine Hautoberflächendosis von weniger als 9 mrad gemessen. Bei der SCHÜLLER'schen Aufnahmetechnik hingegen entstehen Röntgendosen von bis zu 1 rad Hautoberflächendosis.

4.6. Bedienungsaufwand beider Verfahren

Die Lagerung und Positionierung des Patientenkopfes ist aufwendig und erfordert höchste Präzision.

Im Gegensatz zur SCHÜLLER'schen Technik genügt es in der Mehrzahl der Fälle, eine einzige Aufnahme anzufertigen, auf der beide Kiefergelenke diagnostiziert werden können. Bei der SCHÜLLER'schen Kiefergelenksdarstellung muß der Patient nach der ersten Aufnahme um 180 ° in der Horizontalen gedreht werden. Auch das ist zeitaufwendig. Anders als bei der Zonographie muß die Zentralstrahlführung aber nicht so exakt gewählt werden wie die Schichteneinstellung bei der Zonographie.

Während Einstellungsabweichungen von wenigen Millimetern die entstehenden Zonogramme bereits diagnostisch unauswertbar machen können, wirken sich solche Abweichungen bei der SCHÜLLER'schen Kiefergelenksdarstellung kaum aus.

5. Diskussion

Die Kiefergelenksdiagnostik nach SCHÜLLER stellt ein seit Jahrzehnten ausgereiftes und bewährtes Verfahren dar, das zwar im Laufe der Jahre verschiedene Modifikationen erfahren hat, die aber nur selten zur Anwendung kommen.

Das JLA Programm der Zonographie ist eine von mehreren Schichtwahlmöglichkeiten im Kopfbereich. Dabei werden beide Kiefergelenke auf einem Film abgebildet. Es ist erst seit Anfang der 80er Jahre in klinischer Testung. Von Vorteil ist, daß die Strahlenexposition für den Patienten relativ gering ist und üblicherweise nur eine Röntgenaufnahme erforderlich wird.

Die vorliegende Arbeit stellt dar, daß beide Aufnahmetechniken zu zwar ähnlichen, aber letztlich doch in wichtigen diagnostischen Fragestellungen unterschiedlichen Aussagen kommen. So wird der Gelenkspalt als zentrale Struktur bei der SCHÜLLER'schen Technik eindeutig besser dargestellt, da es durch angrenzende Knochenstrukturen, die das eigentliche Kiefergelenk bilden, kaum zu Überlagerungen kommt. Ursache dafür ist die schräglaterale Zentralstrahlführung. Nichts desto trotz werden die Gelenkspalten bei der Zonographie ausreichend beurteilbar dargestellt.

Bei Fragestellungen, die in der Umgebung des Gelenkspaltes gestellt werden, hat die Zonographie die bessere Darstellung. Die Überlagerung auf SCHÜLLER'schen Aufnahmen erreichen hier ein Ausmaß, das die Diagnostik sehr schwierig, wenn nicht gar unmöglich macht. Es ist deshalb in Kliniken, die über beide Diagnosemöglichkeiten verfügen, sinnvoll, von Fall zu

Fall zu entscheiden, welches Verfahren Anwendung finden soll. Überall dort, wo beide Verfahren annähernd gleich gute Ergebnisse erwarten lassen, spricht die um ein vielfaches geringere Strahlenexposition allein schon für die Zonographie. Trotz der Tatsache, daß bei der Zonographie zwei Aufnahmen nacheinander auf den gleichen Film gebracht werden, erfordert diese Technik doch einen erheblichen Zeit- und Bedienungsaufwand. Dieser erhöht sich noch einmal nicht unbeträchtlich, wenn ein Patient mit von der Norm abweichenden Kopfmaßen bezüglich seiner Kiefergelenke diagnostiziert werden soll. Da die Messung der externen lateralen Kiefergelenksabstände nicht routinemäßig erfolgt, stellt der "klinische Blick" besondere Kenntnis und Anforderungen an den Röntgenarzt beziehungsweise die MTAs, die abschätzen müssen, ob ein Kopf zu groß oder zu klein ist und sich folglich primär auf die veränderte Situation einstellen müssen.

Die Zonographie im Kiefergelenkbereich ist abzulehnen bei Patienten, die unfähig oder unwillig sind, jeweils 4,5 sec absolut bewegungsfrei zu liegen, da jede Bewegung einen fast sicheren Mißerfolg nach sich zieht. Diese Problematik haftet der SCHÜLLER'schen Aufnahmetechnik nicht an, da die Aufnahmedauer nur den Bruchteil einer Sekunde ausmacht und sich Unschärfen dabei kaum negativ beeinflussend bemerkbar machen. Spannung und mAs Produkt werden bei der SCHÜLLER'schen Technik geschlechtsspezifisch normiert gewählt. Abweichende Kopfmaße machen sich kaum in Helligkeitsunterschieden bemerkbar. Anders ist dies bei der Zonographie. Hier empfiehlt es sich, das mAs Produkt zu fixieren und bei zunehmendem Kiefergelenksabstand die Spannung in Stufen zu erhöhen.

Von außerordentlichem Vorteil ist die Zonographie bei bettlägerigen oder polytraumatisierten Patienten, die nur liegend einer Röntgendiagnostik unterzogen werden können. Bei ihnen ist der Zonographie eindeutig der Vorzug zu geben.

Aus den Untersuchungen geht aber auch hervor, daß einige Verbesserungen bei der Kiefergelenkszonographie sinnvoll und möglich sind. So sollte der Bewegungsablauf der Rotationseinheit derart konzipiert werden, daß mit schrägem Strahlengang die Röntgenaufnahme erstellt wird. Da auf Kiefergelenkszonogrammen noch Platz für zwei weitere Aufnahmen ist, könnte man diesen zur Darstellung der Gelenke in okzipito-frontaler Richtung nutzen. Da sich die Lichtlinieneinstellung als zeitaufwendig und nur bedingt präzise herausstellte, sollte die Fixierung des Kopfes in anderer Form erfolgen. Denkbar wäre dabei eine einem Schnellübertragungsbogen ähnliche Vorrichtung. Sofern es sich um mit dem Gerät starr verbundene Strukturen handelt, müssen diese völlig strahlendurchlässig sein. Gleichzeitig könnte über Meßsonden Lage und Umfang des Kopfes registriert und an die Bewegungsmodule weitergegeben werden, woraufhin ein individueller Bewegungsablauf des Dünnschicht-Programms erfolgen könnte. Auch die optimale Einstellung von Spannung und Stromstärke könnte so automatisch erfolgen. Da der Patient starr fixiert wäre, würden Bewegungsunschärfen generell vermieden. Die Bedienung würde durch die oben genannten Maßnahmen also einfacher und die qualitativen Mißerfolge reduziert. Gelänge es, die Rotationseinheit in schnelleren Umlauf zu versetzen, hätte dies einen nochmaligen Strahlenminderungseffekt für den

Patienten zur Folge.

Abschließend kann festgestellt werden, daß die SCHÜLLER'sche Aufnahmetechnik allein deshalb schon ihren Platz im klinischen Bereich behalten wird, weil insgesamt doch nur wenige Spezialkliniken einen Zonarc auch in Zukunft aufstellen werden. Trotzdem wird die Kiefergelenkszonographie - besonders nach weiteren apparativen Verbesserungen - ihre diagnostische Bedeutung in Zukunft ausbauen können.

6. Zusammenfassung

Über einen mehrmonatigen Zeitraum wurden Vergleichsuntersuchungen zwischen der herkömmlichen SCHÜLLER'schen Kiefergelenksdarstellung und dem JLA Programm der Zonographie durchgeführt. Dabei wurden sowohl Röntgenaufnahmen an einem menschlichen Phantomkopf als auch später an Patienten angefertigt. Ziel der Untersuchungen war, festzustellen, inwieweit sich die erzielbare Bildqualität und der Bedienungsaufwand miteinander vergleichen ließen. Bedeutung kommt dieser Fragestellung allein dadurch schon zu, daß die SCHÜLLER'sche Kiefergelenksdarstellung mit einer größeren Strahlenexposition verbunden ist als die Zonographie.

Die Tests verliefen unter nahezu identischen Bedingungen, was die verwendeten Filme und die Entwicklungs- und Fixierverhältnisse anbelangte.

Im Laufe der Untersuchungen zeigte sich, daß derzeit die röntgenologische Beurteilung des Gelenkspalts am besten mit der SCHÜLLER'schen Aufnahmetechnik gelingt. Kommt es hingegen darauf an, das Umfeld des Gelenkspalts zu diagnostizieren, liegen die Vorteile bei der Zonographie.

Weiter zeigte sich, daß bei stärker normabweichenden Schädelmaßen mit zu kleinem oder zu großem Kiefergelenksabstand die Zonographie insofern modifiziert werden muß, daß durch Seitwärtsverschiebung des Kopfes zwischen zwei Aufnahmen das jeweils interessierende Kiefergelenk richtig in die Schicht gebracht wird. Das vergrößert den ohnehin hohen Bedienungsaufwand bei der zonographischen Kiefergelenksabbildung.

Aus den Ergebnissen der Arbeit gingen eine Reihe von Ver-

besserungsvorschlägen hervor. Vorausgesetzt, diese sind realisierbar, senkt sich der Bedienungsaufwand bei steigender Bildqualität.

Abschließend kann festgehalten werden, daß sowohl Zonographie als auch SCHÜLLER'sche Technik ihren Platz in der klinischen Kiefergelenksdiagnostik behaupten werden.

Literatur

1. AINAMO J.
TAMMISALO E.H.
The orthopantomogram in
quantitative assessment of
marginal
Suom.hammaslääk.toim.
63, 132 (1967)
2. ALTONEN M.
MATILLA K,
HEIKINHEIMO O.
Diagnosis of fractures of the
head and neck with the aid of
cylindrical pantomograms taken
with a new device
J Mac Fac Surg 6, 24 (1978)
3. BARR J.H.
Radiation protection in
dentistry for patients
operators an office personnel
J. amer. dent. Ass. 60,
615 (1960)
4. BARTH H.H.
90 Jahre zahnärztl. Röntgenologie
Zahnärztl. Prax. 37, 20 (1986)
5. BROADBENT B.H.
A new X-ray technique and its
application to orthodontia
Angle Orthodont 1, 45 (1931)
6. CHARLTON O.P.
DAFFNER R.H.
GEHWEILER J.A.
MARTINEZ S.
PUTMAN C.E.
Panoramic zonography of fractures
of the facial skeleton
Am J Radiol 137, 109 (1981)
7. CHIESA A.
FLORIO F.
Panoramic zonography of the
facial skeleton
F. Apollonio e C. of Brescia
1983

8. FLEISCHER E. Die Simultanschichtaufnahme
FLEISCHER-PETER A. beider Kiefergelenke
Röntgen-Blätter 16, 241 (1963)
9. GLENNER R.A. 80 years of dental radio-
graphy
J. amer. dent. Ass. 90,
549 (1975)
10. GRASSER H. Erste Vergleiche zwischen
BARTH H.H. Orthopantomographie und
Zonographie
Dtsch. Zahnärztl. Z. 41,
49 (1986)
11. HAATAJA J. Orthopantomografian käyttö
odontologisen ortopedian
diagnostiikassa (Use of
orthopantomography in the
diagnostics of dental ortho-
pedia)
Suom.hammaslääk.toim. 56,
7 (1967)
12. HAATAJA J. Orthopantomogrammin luo-
SOMER S. tettavuudesta hampaiston
oikomisdiagnostiikassa (On
the reliability of orthopan-
tomograms in the diagnosis
of orthodontic treatment)
Suom.hammaslääk.toim. 58,
225 (1962)
13. HALLIKAINEN D. Panoramic Zonography in ear
SJÖBLOM C.J. Radiography
TÖTTERMAN S. Europ J Radiol 3, 173 (1983)
MELARTIN E.
PAUKKU P.

22. PAATERO Y.V. Radiography of the temporo-
mandibular joint
Ann.chir.et gynaec.Penn 42,
259 (1953)
23. PAATERO Y.V. Orthopantomografi ja sen
kliininen käyttö
(The orthopantomograph and
its clinical use)
Suom.hammaslääk.toim. 55,
172 (1959)
24. PAATERO Y.V. On levels of radiation
produced by the ortho-
pantomograph
Suom.hammaslääk.toim. 58,
139 (1962)
25. PAUKKU P. Comparison of the visibility
TÖTTERMAN S. of the anatomical structures
HALLIKAINEN D. of the facial skeleton in
KINNUNEN J. panoramic zonography and
GÖTHLIN J. linear tomography
Europ J Radiol 3, 177 (1983)
26. PAUKKU P. Radiation dosis during panoramic
GÖTHLIN J. zonography, linear tomography
TÖTTERMAN S. and plain film radiography of
SERVOMAA A. maxillo-facial skeleton
HALLIKAINEN D. Europ J Radiol 3, 239 (1983)
27. PETRELLI A. Tomography of the temporo-
GURLEY E.J. mandibular joint
JADA 26, 218 (1939)
28. ROTKE B. Die gegenwärtige Situation der
Röntgenologie in zahnärztlicher
Praxis und Wissenschaft
Zahnärztl. Lit. Quintess. 3,
1 (1977)

29. ROTTKE B. Erfahrungen mit dem Panorama-
FUHRMANN A. schichtgerät Zonarc
Dtsch. Zahnärztl. Z. 39,
920 (1984)
30. SHINOZIMA M. Tomorex (curved rotational
KOHIRAZAWA H. tomography apparatur) in
KUBOTA K. experimental and clinical
TOKUI M. practice
Oral Surg 53, 94 (1982)
31. SIEBERNS H. Erfahrungen mit der Ortho-
pantomographie
Der Radiologe 9, 233 (1969)
32. SONNABEND E. Grundlagen und Prinzipien
des Strahlenschutzes
Zahnärztl. Prax. 28,
159 (1977)
33. SONNABEND E. Strahlenschutz des Patienten
Zahnärztl. Prax. 28,
30 (1977)
34. TAMMISALO E.H. Orthopantomographic roentgeno-
graphy of the temporomandibular
joint
Suom.hammaslääk.toim. 60,
139 (1964)
35. TAMMISALO E.H. The dimensional reproduction
of the image layer in
orthopantomography
Suom.hammaslääk.toim. 60,
2 (1964)
36. TÖTTERMANN S. Panoramic zonography in radio-
HALLIKAINEN D. graphing the carpus
PAUKKU P. Europ J Radiol 4, 82 (1984)

An dieser Stelle bedanke ich mich bei Herrn Prof.Dr.Dr.H. GRASSER für die freundliche Überlassung des Themas der Arbeit.

Herrn Dr.Dr.H.-H.BARTH danke ich für seine stetige Unterstützung beim Zustandekommen des Untersuchungskonzepts, der Teilnahme bei der Anfertigung der Röntgenbilder und seiner Betreuung während der Niederschrift der Ergebnisse.

Lebenslauf

Ich, Hans-Peter Doneff wurde am 29. Juli 1958 als Sohn des Gartenbauunternehmers Iwan Doneff und dessen Frau Elsa in München geboren.

Von 1965 bis 1970 besuchte ich in München die Grundschule und trat im Jahr 1970 in das Naturwissenschaftlich-Mathematische Gymnasium ein.

1979 legte ich in St. Gallen das Abitur ab und ging im selben Jahr an die Universität Gent/Belgien, wo ich bis 1982 nacheinander Human- und Zahnmedizin studierte.

1982 immatrikulierte ich mich an der Universität München im Fach Zahnmedizin, wo ich 1983 das Physikum ablegte.

Von 1983 bis 1986 führte ich das klinische Studium der Zahnheilkunde in München durch, wo ich am 27.2.1987 das Staatsexamen erfolgreich beendete.

